

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 2 月 20 日 (20.02.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/013817 A1

- (51) 国際特許分類: B29B 15/08, B29K 307/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/07825
- (22) 国際出願日: 2002 年 7 月 31 日 (31.07.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-235029 2001 年 8 月 2 日 (02.08.2001) JP
特願2002-215357 2002 年 7 月 24 日 (24.07.2002) JP

古屋市 港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社内 Aichi (JP). 石橋 正康 (ISHIBASHI, Masayasu) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 シキボウ株式会社内 Osaka (JP). 橋本 宏一 (HASHIMOTO, Koichi) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 シキボウ株式会社内 Osaka (JP). 田那村 武司 (TANAMURA, Takeshi) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 シキボウ株式会社内 Osaka (JP). 左近上 秀樹 (SAKONJO, Hideki) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 シキボウ株式会社内 Osaka (JP). 広川 哲朗 (HIROKAWA, Tetsuro) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 シキボウ株式会社内 Osaka (JP).

- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内 2 丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP). シキボウ株式会社 (SHIKIBO LTD.) [JP/JP]; 〒541-0051 大阪府 大阪市 中央区備後町 3 丁目 2 番 6 号 Osaka (JP).

- (74) 代理人: 江原 省吾, 外 (EHARA, Syogo et al.); 〒550-0002 大阪府 大阪市 西区江戸堀 1 丁目 1 番 2 6 号 江原特許事務所 Osaka (JP).

- (81) 指定国 (国内): US.

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 阿部 俊夫 (ABE, Toshio) [JP/JP]; 〒455-0024 愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社内 Aichi (JP). 西山 茂 (NISHIYAMA, Shigeru) [JP/JP]; 〒455-0024 愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社内 Aichi (JP). 新屋 雅弘 (SHINYA, Masahiro) [JP/JP]; 〒455-0024 愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社内 Aichi (JP). 福岡 俊康 (FUKUOKA, Toshiyasu) [JP/JP]; 〒455-0024 愛知県名

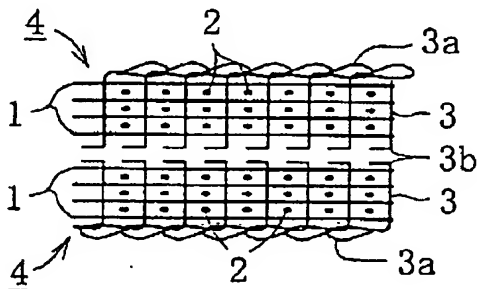
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: COMPOSITE MATERIAL-USE FIBER BASE MATERIAL

(54) 発明の名称: 複合材料用繊維基材



(57) Abstract: A composite material-use fiber base material which enhances interlayer strengths (separation strength, out-of-plane strength, after-impact strength), increases a matrix impregnating efficiency at compounding, and eliminates a resin-rich part that poses a strength problem, wherein a base material (4) knitted with continuous fibers and having a 3-D shape is provided singly or laminated in layers to increase strengths between layers and at joint surface, and portions in the vicinity of and inside the surface are raised (5) to promote a matrix impregnating property and enhance a surface smoothness. The raising is performed on a composite material-use fiber base material formed by laminating a plurality of sheet-like base materials knitted with continuous fibers, or laminating a plurality of sheet-like base material and 3-D-shaped base materials in layers. The above raising is performed by needle punching.

As required, a fiber web is inserted between fiber systems concurrently with raising at needle punching to smoothen the surface.

[続葉有]



(57) 要約:

層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高め、複合化時点のマトリックスの含浸効率を高め、あわせて強度的に弱点となるレジンリッチ部を無くすことを目的とする複合材料用繊維基材である。連続繊維で編織された立体形状を持つ基材 4 が単体または複数重ね合わされ、層間や接合面の強度を高め、また、表面付近および内部にマトリックスの浸透性を促進し、面の平滑性を高めるための起毛 5 処理が施された複合材料用繊維基材。上記起毛処理が、連続繊維で編織されたシート状基材が複数重ね合わされ、またはシート状基材と立体形状を持つ基材が複数重ね合わされた複合材料用繊維基材に対しても施される。上記起毛処理がニードルパンチングで施される。必要に応じて、ニードルパンチング時、起毛処理と同時に繊維ウェブが繊維組織間に挿入される。表面が平滑化処理される。

明細書

複合材料用繊維基材

技術分野

本発明は、ニードルパンチングなどを施すことによって発生する毛羽状の繊維により各基材間を補強し、強度特性を向上させたコンポジット（複合材）、航空機用構造部材、航空機サンドイッチ材、航空機スキンパネル、航空機胴体パネル、航空機の床板、航空宇宙用タンク構造、舵面構造、ウイングパネル、窓枠、穴または切り欠き部周りの構造部材、耐熱材、防音材、継ぎ手材その他の用途に用いられる複合材料用繊維基材に関する。

背景技術

上記用途に用いられている複合材料用繊維基材は、所定の形状や厚みを得るために、通常、繊維状基材、シート状基材あるいは立体形状を持つ基材が複数重ね合わせて用いられ、マトリックスを含浸させて乾燥硬化処理されたり、あるものは含浸焼成され、完成品となる。

短繊維ウェブ、長繊維ウェブ又はその他様々な繊維基材をニードルパンチングして三次元パイル交絡を形成した繊維構造体は公知である。このような繊維構造体は、自動車、列車、船舶及び航空機などの各種輸送機関で内装材やカーペットといった主として装飾用途で使用される一方、土木用資材やオムツ、生理用品などで吸湿素材として使用されてきた。このような用途では、デザイン性、吸水性、吸音性などが重要な指標とされ、構造材として不可欠な応力性能については特に注目されなかった。また、航空機構造体などの高荷重が負荷される複雑な荷重伝播が必要な複合材料用の繊維基材としては、連続繊維を製織、製編、ステッチング、ニットイング又は編組したものが考案されていて、現在利用に向けて研究中である。それらの繊維構造体における強化繊維は、連続

繊維による三次元繊維構造体の中でバンドル（糸束）の交差したものとしてしか存在しておらず、バンドル間の界面の結合組織は何も存在しない。そこには繊維の存在しない、言わば空隙や層間があり、樹脂含浸を終えた状態では樹脂リッチな部分となる。何らかの荷重が加わったときにその樹脂リッチ部や層間からマイクロクラックが発生し、強度が落ち材料が破壊する原因になるという欠点があった。一般に複合材料においては、繊維の存在しない樹脂リッチ部では極端に強度が低下する事が知られている。そのため、設計段階において上記のような欠点によって設計や材料選択の自由度を狭められていた。

また、現在使用されている複合材におけるサンドイッチ材と呼ばれるものの内側のコア材と外側のスキン材の間の界面は繊維強度に比べてはるかに弱い樹脂の接着強度だけでもっている（特開 2000-238154）。もしくは米国特許第 6187411、または米国特許第 6027798 のようにステッチまたはピンなどによって接合されているものも知られているがその層間においての結合組織は低密度でしか存在しないため、構造材としてはその層間強度において充分とはいえない。

また、従来は切り欠き構造もしくは穴構造を適用した複合材料用繊維構造体においては様々な方向からの大きな荷重がかかった場合に、その基材積層面における接合強度が不十分であったため、その切り欠き部、もしくは穴の周縁部からクラックが発生し、破壊の発生源となっていた。

また、従来の複合材においてのスキン材とスティフナーやストリンガーとの接合面は、いずれも繊維の破断強度に比べてはるかに弱い樹脂（熱可塑パウダーを含む）による接着や繊維による低密度のステッチで接合する方法などが研究されているが、その繊維間、もしくは層間には十分な層間強度は得られていない。

また、クロス材、ニット材、ブレードイング材などの繊維基材からなる I 型、T 型などの異形断面を有する桁材に代表されるような構造材は製造される工程上、通常、フランジ部とウェブ部の間に空隙ができるが、従来はこの部位に同じく繊維基材からなる空隙部と同じ断面形状を持

ったフィラー材をプリプレグ化するなどしたものを挿入し、樹脂含浸、成形していた。もしくはステッチやニッティングなどにより固定し、同じく樹脂含浸、成形していた。(米国特許第 4331723、米国特許第 4256790) その基材間の界面においては何ら結合の組織を持っていないか、もしくはステッチやニッティングによる繊維が低密度に点在する程度であるため航空機構造材料としての十分な層間強度は無く、ある程度の荷重や衝撃が加わった場合にクラックの発生源となっていた。航空機用構造材のように様々な方向からの大きな荷重に対する複雑な荷重伝播が必要とされるような材料には、特に基材間の層間強度及び衝撃後強度が要求されるが、従来の繊維構造体においては前述の如く繊維間または基材の層間における交絡繊維が無いかほとんど無いため強度的に不十分であった。

また、低価格化のため単繊維径や引き揃え本数の多い太い繊維を使用する傾向が増えており、繊維基材表面の糸条交絡点での糸条のループによる凸部が高くなり、その分、表面や隣接する接合面にできる凹部も深くなり、複合化時点でマトリックスを含浸させた際、前記凹部へのマトリックスの溜り量が他の部分より多くなるという問題もあった。

本発明の目的は、低コストで航空機構造材などにも使用できる十分な強度を持ち、複合化時点のマトリックスの含浸効率も良く、表面や接合面に強度的に弱点となるような樹脂溜りを持たない、平滑性を持った繊維構造体を提供することにある。

発明の開示

上記目的を達成するため、本発明の請求項 1 に記載の複合材料用繊維基材は、連続繊維で編織または積層された立体形状を持つ基材が単体または複数重ね合わされ、層間強度を高め、また、内部へのマトリックスの浸透性を促進し、面を平滑にし、レジンスポットを無くするための起毛処理が施されたものである。この構成により、複合化時、マトリックスが立体形状を持つ基材の各方向糸条の起毛処理部の毛細管現象によっ

て内部空間に浸透する速度が高まり、含浸時間の短縮やカーボンカーボンコンポジット成形時の含浸回数の減少が図れ、含浸効率を向上させ、ボイドが減少する。そして、マトリックスの含浸硬化後には、起毛処理部のアンカー効果で層同士また接合面間の結合力を増大させることができる。従って、複合材料用繊維基材の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。（請求項 1）

また、本発明の請求項 2 に記載の複合材料用繊維基材は、連続繊維で編織されたシート状基材またはシート状基材と立体形状を持つ基材が複数重ね合わされ層間強度を高め、また、内部へのマトリックスの浸透性を促進するための起毛処理が施されたものである。この構成により、複合化時、マトリックスが立体形状を持つ基材またはシート状基材の各方向糸条の起毛処理部の毛細管現象によって内部空間に浸透する速度が高まり、カーボンカーボンコンポジットを成形する場合においては含浸時間の短縮や含浸回数の減少が図れ、含浸効率を向上させ、ボイドが減少する。そして、マトリックスの含浸硬化後には、起毛処理部のアンカー効果で層同士また接合面間の結合力を増大させることができる。従って、複合材料用繊維基材の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。（請求項 2）

上記起毛処理は、ニードルパンチングなどによって施される。この構成により、起毛処理の操作が簡単に実施でき、大幅なコスト低減が図れると共に、繊維束間の空隙部や層間に面内の基材繊維の一部が起毛化されて押し込まれ、複合化時、起毛処理部の毛細管現象によるマトリックスの引き込み作用とニードルの通過穴を侵入路とするマトリックスの流入速度の向上及び内部空気の置換排気の促進とによってマトリックスの浸透性が促進される。従って、安価な方法で内部空間へのマトリックスの充填率を向上させ、複合材料用繊維基材の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。（請求項 3）

また、ニードルパンチング時、起毛処理と同時に、表面若しくは内部に配設された繊維ウェブ層が立体形状を持つ基材またはシート状基材

の内部に挿入配設される。この構成により、繊維束間の空隙部や層間に面内の基材繊維の一部が起毛化されて押し込まれると同時に、繊維も押し込まれるため、複合化時、毛細管現象によるマトリックスの引き込み作用が一層向上し、内部空間へのマトリックスの充填率が高まる。また、マトリックスの含浸硬化後のアンカー効果も向上し、複合材料用繊維基材の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。（請求項 4）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、樹脂を注入、硬化させてなる複合材部品における切り欠き部、または穴構造部の孔縁部にあたる部分に対してニードルパンチングを行うことにより、基材間を毛羽状の繊維にて界面補強したことを特徴とする（請求項 5）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、スキン繊維基材とコア基材とを重ね合わせてニードルパンチングすることによって、スキン繊維基材とコア基材との層間に繊維が打ち込まれ、その接合面が、補強されたことを特徴とする。（請求項 6）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、複合材料の継ぎ手構造において、ニードルパンチングを施すことによって生じる毛羽状の繊維により接合面を補強したことを特徴とする。（請求項 7）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、ニードルパンチングが、立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面に対して垂直に、または角度をつけて施されて成ることを特徴とする。この構成によって、基材繊維の起毛部や繊維の押し込み方向が適宜に設定され、層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。（請求項 8）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面の糸条交絡点の凸部が平滑化处理されてなることを特徴とする。この構成によって、繊維基材表面の凹凸を少なくし、マトリックスの溜り量を平均化してレジンリッチ部をなくすことができる。（請求項 9）

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、凸部の平滑化处理がニード

ルパンチングまたはグラインディングによって施されてなることを特徴とする。この構成によって、繊維基材表面の平滑化処理が容易となると共に、基材繊維の表面が起毛化され、マトリックスの含浸効率を高めることができる。(請求項 10)

また本発明に係る複合材料用繊維基材は、ウォータージェットもしくはエアージェットによって起毛処理がなされる (請求項 11)

請求項 1 の構成によれば、複合化時、マトリックスが立体形状を持つ基材の各方向糸条の起毛処理部の毛細管現象によって内部空間に浸透する速度が高まり、含浸時間の短縮や含浸回数の減少が図れ、含浸効率を向上させ、ボイドが減少する。そして、マトリックスの含浸硬化後には、起毛処理部のアンカー効果で層同士また接合面間の結合力を増大させることができる。従って、複合材料用繊維基材の層間強度 (剥離強度、面外強度、衝撃後強度) を高めることができる。

請求項 2 の構成によれば、複合化時、マトリックスが立体形状を持つ基材またはシート状基材の各方向糸条の起毛処理部の毛細管現象によって内部空間に浸透する速度が高まり、含浸時間の短縮やカーボンカーボンコンポジット成形の場合は含浸回数の減少が図れ、含浸効率を向上させ、ボイドが減少する。そして、マトリックスの含浸硬化後には、起毛処理部のアンカー効果で層同士また接合面間の結合力を増大させることができる。従って、複合材料用繊維基材の層間強度 (剥離強度、面外強度、衝撃後強度) を高めることができる。

請求項 3 の構成によれば、起毛処理の操作が簡単に実施でき、量産が可能であるから大幅なコスト低減が図れると共に、繊維束間の空隙部や層間に面内の基材繊維の一部が起毛化されて押し込まれ、複合化時、起毛処理部の毛細管現象によるマトリックスの引き込み作用とニードルの通過穴を侵入路とするマトリックスの流入速度の向上及び内部空気の置換排気の促進とによってマトリックスの浸透性が促進される。従って、安価な方法で内部空間へのマトリックスの充填率を向上させ、複合材料用繊維基材の層間強度 (剥離強度、面外強度、衝撃後強度) を高め

ることができる。

請求項4の構成によれば、繊維束間の空隙部や層間に面内の基材繊維の一部が起毛化されて押し込まれると同時に、繊維も押し込まれるため、複合化時、毛細管現象によるマトリックスの引き込み作用が一層向上し、内部空間へのマトリックスの充填率が高まる。また、マトリックスの含浸硬化後のアンカー効果も向上し、複合材料用繊維基材の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を一層高めることができる。

請求項5の構成によれば、単体または複数層構造の基材における切り欠き部、または穴構造部の孔縁部に対してニードルパンチングを行うことにより、積層してある基材間を毛羽状の繊維にて界面補強され、その接合面においての層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。

請求項6の構成によれば、スキン繊維基材間とコア基材とを同時にニードルパンチングすることによって、スキン繊維基材とコア基材との層間に繊維が打ち込まれ、スキン繊維基材とコア基材が接合、界面補強され、界面の層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。

請求項7の構成によれば、単体または複数層の繊維基材を交互に重ね合わせ、ニードルパンチングを施すことによって生じる毛羽状の繊維によって相互接合、層間を界面補強し、継ぎ手構造として充分利用できる強度を持たせることができる。

請求項8の構成によれば、ニードルパンチングが、立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面に対して垂直に、または角度をつけて施される事により、基材繊維の起毛部や繊維の押し込み方向が適宜に設定され、層間強度（剥離強度、面外強度、衝撃後強度）を高めることができる。

請求項9の構成によれば、前記立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面の糸条交絡点の凸部が平滑化处理される。この構成によって、繊維基材表面の凹凸を少なくし、マトリックスの溜り量を平均化してレ

ジンリッチ部をなくすことができる。

請求項 10 の構成によれば、基材繊維の表面が起毛化され、繊維基材表面の平滑化処理が容易となる。

図面の簡単な説明

第 1 A 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 1 実施形態の概略構造である。

第 1 B 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 1 実施形態の概略構造の拡大説明図である。

第 2 A 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 2 実施形態の概略構造である。

第 2 B 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 2 実施形態の概略構造の拡大説明図である。

第 3 A 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 3 実施形態の概略構造である。

第 3 B 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の第 3 実施形態の概略構造の拡大説明図である。

第 4 図は、本発明の第 4 実施形態に係る三次元繊維構造体の断面図である。

第 5 図は、本発明の第 5 実施形態に係る三次元繊維構造体の平面図である。

第 6 図は、図 2 の円孔の断面図である。

第 7 図は、本発明の第 6 実施形態に係る三次元繊維構造体の断面図である。

第 8 図は、本発明の第 7 実施形態に係る三次元繊維構造体の断面図である。

第 9 図は、図 5 の構造を有する I 型ビームの断面図である。

第 10 A、10 B 及び 10 C 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の強度試験結果を示す図である。

第 1 1 A、1 1 B 及び 1 1 C 図は、は本発明に係る複合材料用繊維基材の強度試験結果を示す図である。

第 1 2 A、1 2 B 及び 1 2 C 図は、は本発明に係る複合材料用繊維基材の強度試験結果を示す図である。

第 1 3 A、1 3 B 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の強度試験結果を示す図である。

第 1 4 A、1 4 B 及び 1 4 C 図は、本発明に係る複合材料用繊維基材の強度試験結果を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。図 1 の (A) (B) は本発明に係る複合材料用繊維基材の第 1 実施形態の概略構造とその拡大説明図であり、図 2 の (A) (B) は本発明に係る複合材料用繊維基材の第 2 実施形態の概略構造とその拡大説明図である。また、図 3 の (A) (B) は本発明に係る複合材料用繊維基材の第 3 実施形態の概略構造とその拡大説明図である。

図 1 の (A) (B) に示す第 1 実施形態は、X Y 平面（図 1 の紙面に直角な平面）に X 方向糸条 1 と Y 方向糸条 2 とを直交させて所定間隔で所定本数配置した層を Z 方向に複数積層し、これを Z 方向糸条 3 で結束させて構成された立体形状を持つ基材 4 を 2 層分積層した構造であって、この場合、Z 方向糸条 3 は立体形状を持つ基材 4 の表面側でチェーンステッチ 3 a を形成し、裏面側でバックステッチ 3 b を形成して連続したものとされている。この立体形状を持つ基材 4 を 2 層分積層したものに対し、フック状或いは二股状先端を有するニードル（図示省略）で垂直または角度を付けてニードルパンチングを行い、図 1 の (B) に示すように、起毛 5 を形成させる。この起毛 5 は、ニードルが刺し通された位置の X 方向糸条 1、Y 方向糸条 2、Z 方向糸条 3 の全部または一部の糸条表面がニードルのフック状或いは二股状先端によって掻き削られて起毛化されることによって形成される。

図 2 の (A) (B) に示す第 2 実施形態は、X Y 平面（図 2 の紙面に

直角な平面)にX方向糸条1とY方向糸条2とを直交させて所定間隔で所定本数配置した層をXY平面に対して直行するZ方向に複数積層し、これをZ方向糸条3で結束させて構成された立体形状を持つ基材4を単体で使用した構造であって、この場合、Z方向糸条3は立体形状を持つ基材4の表面側及び裏面側でバックステッチ3bを形成して連続したものとされている。この立体形状を持つ基材4に対し、フック状或いは二股状先端を有するニードル(図示省略)で垂直または角度を付けてニードルパンチングを行い、図2の(B)に示すように、起毛5を形成させる。この起毛5は、ニードルが刺し通された位置のX方向糸条1、Y方向糸条2、Z方向糸条3の全部または一部の糸条表面がフック状或いは二股状先端によって掻き削られて起毛化されることによって形成される。

図3の(A)(B)に示す第3実施形態は、第1実施形態または第2実施形態の立体形状を持つ基材4の表面に表れたZ方向糸条3の交絡点でのループの凸部6に対して、ニードルパンチングまたはグラインディングによって糸条表面を掻き削られて発生した起毛7によって凹部8を埋めて平滑化し、複合化時のマトリックス含浸工程において、上記凹部8にマトリックスが溜り、レジソリッチ部となることを防止したものである。

上記第1～第3実施形態において、立体形状を持つ基材4の内部、例えば、中間層や各層の間或いはニードル側となる表面または裏面等に繊維ウェブ層を配設し、この状態でニードルパンチングを行ってもよい。このようにすれば、立体形状を持つ基材4の糸条繊維に起毛化処理を施しながら内部空間に繊維を同時に挿入することができる。

次に、図4～図9は本発明の他の実施形態を示したものであって、図4の第4実施形態は樹脂材料や発泡体などのコア材として使用できる材料で構成されたシート状のコア材9の上下両面に補強用繊維シート10を重ねたもので、繊維シート10は厚み方向のニードルパンチングにてコア材9と一体化されている。このニードルパンチングによって繊

維シート 10 の各繊維から起毛した毛羽状の繊維が三次元的にコア材 9 表面層に食込み、繊維シート 10 とコア材 9 間の剥離強度を高めている。なお、ニードルパンチングの際にニードルマシンのストリップで繊維シート 10 とコア材 9 を間欠プレスしながらニードルパンチングするとより基材が圧縮され、基材の繊維密度を低下させることなく毛羽状の繊維により高密度三次元繊維構造体を得ることができる。

図 4 のような三次元繊維構造体は、特に航空機舵面、航空機外板、ヘリコプタのメインローターブレード、テールローターブレード、ガスタービンのローターブレードなどに好適に使用可能である。

図 5 (A) (B) の第 5 実施形態は、板状繊維構造体 11 に形成した円孔 12 部位の補強構造を示したもので、図 6 のように円孔 12 の周縁部を所定幅で繊維構造体の厚み方向にニードルパンチングしたものである。このニードルパンチングによって繊維構造体の各繊維から起毛した毛羽状の繊維 11 同士が繊維間の界面を補強し、円孔周縁部の剥離強度、衝撃後強度を高める。

図 7 の第 6 実施形態は、3 枚の板状繊維構造体 13 ~ 15 を面の伸びる方向に互いに継ぎ合わせたもので、2 枚の板状繊維構造体 13 と 14、及び板状繊維構造体 14 と 15 の重合部位を厚み方向にニードルパンチングして毛羽状の繊維 10 により板状繊維構造体相互間が界面補強されて剥離強度、層間強度を高めている。このような構造は板状繊維構造体の継手構造の強度対策として有効である。

図 8 の第 7 実施形態は、図 9 のような繊維構造体で構成した I 型ビーム 16 のウェブ部 16 a とフランジ部 16 b の連結部分の補強構造を示したものであって、この I 型ビームはウェブ部 16 a がコ字状断面の 2 つの繊維構造体 17、18 を背中合わせに一体化して I 字状断面とし、さらにこの I 字状断面のフランジ部分に補強用の板状繊維構造体 19 を貼合わせたものである。そして、この板状繊維構造体 19 と I 字状断面のフランジ部分との界面をニードルパンチングによって界面補強している。このニードルパンチングは、詳しくは、板状繊維構造体 19 の

厚み方向のニードルパンチングと、I字状断面のフランジ部分のコーナ一部内側から斜め方向にクロスさせて通したニードルパンチングで構成される。このように、厚み方向とクロス方向の2種のニードルパンチングにより層間クラックを防止してI型ビームの強度向上が図れる。上記のような手段を用いればI字状断面だけではなく、J字状断面、ハット状断面、逆I字状断面などの形状を持った繊維構造体を得られる。

以上説明したように、本発明の実施形態によれば、ニードルパンチングで基材繊維がフィブリル化（起毛）され、起毛された面内の各方向糸条繊維や繊維ウェブが層間に押し込まれ、層同士が絡み合わされるため、層間強度、面外強度が向上する。また、交差する面内の各方向糸条繊維の空隙部に起毛された繊維や繊維ウェブが押し込まれ、複合化時点でマトリックスが呼び込まれ易くなり、空間が埋まり易く、含浸効率が向上する。また、テーパのついたニードルを用いることにより、針穴を形成し、この針穴がマトリックスの通り道となり、マトリックスの移動速度を上げ、強度上の弱点となるボイドを減少させることができる。また、マトリックスの含浸時間の短縮や含浸回数の減少も図れる。

さらに、低価格化のため単繊維径や引き揃え本数の多い太い繊維を使用した場合、表面で凹凸の大きい立体形状を持つ基材ができるが、強度に影響の少ない表面の糸条交絡点のループ凸部を返りの付いた針ややすり状のもの（グラインダー）などで起毛することにより、表面をフラットにさせて複合材料にした場合に強度的に弱点となるレジンリッチ部をなくし表面性を向上させることができる。

基材繊維の起毛化は、ニードルパンチングにより量産化して実施することができ、低コストに提供することが出来る。ニードルパンチングは、層間剪断強度を上げるために、結束糸条によるバンドル方向と異方向のニードルパンチングを行うのが好ましい。また、積層された複数のシート状基材（織物）間のニードルパンチングを行う場合や、立体形状を持つ基材（織物）間にシート状基材を配置してニードルパンチングを行うようにしてもよい。プリフォームとなる繊維基材の素材は炭素繊維、セ

ラミック繊維、ガラス繊維や高強度有機繊維などがある。例えば、ガラス系、カーボン系、セラミック系などの無機繊維のほかアラミド繊維、ポリエステルなどの有機繊維も利用できる。マトリックスは、ポリマー、炭素、セラミックのほかアルミなどの金属も適用できる。コア基材については樹脂系統の基材などが使用できる。また、繊維基材は、三次元織物（単体または複数）、ステッチド（ニット）プリフォーム、連続繊維積層（二次元及び三次元の複数層を積層したものや一部にZ糸を挿入したものなど）のプリフォームなどにフック状あるいは二股状先端を有するニードルで垂直または角度を付けて適当な間隔密度、例えば、均等な密度でパンチングして繊維表面をフィブリル化して起毛する。

次に、ニードルパンチによる繊維基材の強度向上試験結果について説明する。試験は以下の5つについて行なった。

（1）剥離強度試験

この試験は、図10（a）（b）の寸法の高強度炭素繊維一方向材を擬似等方に積層した基材①②の基材②部分にニードルパンチを施したのに対して行ったもので、含浸樹脂は高強度エポキシ樹脂である。試験結果は図10（c）に示す通りである。

（2）面外強度試験

この試験は、図11（a）（b）の寸法の高強度炭素繊維一方向材を擬似等方に積層してなる基材①②の接合部分にニードルパンチを施したのに対して行ったもので、含浸樹脂は高強度エポキシ樹脂である。試験結果は図11（c）に示す通りである。

（3）衝撃後強度試験

この試験は、図12（a）（b）の寸法の高強度炭素繊維一方向材を擬似等方に積層してなる基材①にニードルパンチを施したのに対して行ったもので、含浸樹脂は高強度エポキシ樹脂である。所定部分に衝撃を付与した後に圧縮方向に荷重を加えた。試験結果は図12（c）に示す通りである。

（4）カットアウト部FEM解析

この解析は、図 1 3 (a) のようにニードルパンチの特性を考慮し、孔周りの有限幅に対しニードルパンチを実施した後、圧縮方向に荷重を加えた事を想定し、開口部周辺構造を強度解析したものである。解析結果は図 1 3 (b) に示す通りである。

(5) ニードリング継手試験

この試験は、図 1 4 (a) (b) の寸法の高強度炭素繊維一方向材を擬似等方に積層してなる基材①②③の重合部分にニードルパンチを施したのに対して行ったもので、含浸樹脂は高強度エポキシ樹脂である。成形後、引張方向に荷重を加えた。試験結果は図 1 4 (c) に示す通りである。

請求の範囲

1. 連続繊維で編織または積層された立体形状を持つ基材が単体または複数重ね合わされ、層間強度を高め、また、内部にマトリックスの浸透性を促進し、面の平滑性を高めるための起毛処理が施された複合材料用繊維基材。

2. 連続繊維で編織されたシート状基材が複数重ね合わされ、またはシート状基材と立体形状を持つ基材が複数重ね合わされ、層間強度を高め、また、内部にマトリックスの浸透性を促進し、面の平滑性を高めるための起毛処理が施された複合材料用繊維基材。

3. 起毛処理がニードルパンチングで施されてなる請求項1または2に記載の複合材料用繊維基材。

4. ニードルパンチングによって、起毛処理が施されると共に、表面若しくは内部に配設された短繊維ウェブ層が立体形状を持つ基材またはシート状基材の内部空間に挿入配設されてなる請求項1または2に記載の複合材料用繊維基材。

5. 複合材料用繊維基材を適用した構造体において切り欠き部、または穴構造部の孔縁部に対してニードルパンチングを行うことにより、基材間を繊維を絡ませることによって界面補強したことを特徴とする請求項1または2に記載の複合材料用繊維基材。

6. スキン繊維基材とコア基材とを重ね合わせてニードルパンチングすることによって、スキン繊維基材とコア基材との層間に繊維が打ち込まれ、その層間が補強されたことを特徴とする請求項1または2に記載の複合材料用繊維基材。

7. 複合材料の継ぎ手構造において、ニードルパンチングを施すことによって生じる毛羽状の繊維により接合面を補強したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の複合材料用繊維基材。

8. ニードルパンチングが、立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面に対して垂直に、または角度をつけて施されて成る請求項 3、4、5、6、または 7 に記載の複合材料用繊維基材。

9. 立体形状を持つ基材またはシート状基材の表面の糸条交絡点の凸部が平滑化处理されてなる請求項 1 または 2 に記載の複合材料用繊維基材。

10. 凸部の平滑化处理がニードルパンチングまたはグラインディングによって施されてなる請求項 9 に記載の複合材料用繊維基材。

11. ウォータージェットもしくはエアージェットによって起毛処理がなされる請求項 1 または 2 に記載の複合材料用繊維基材。

FIG. 1A

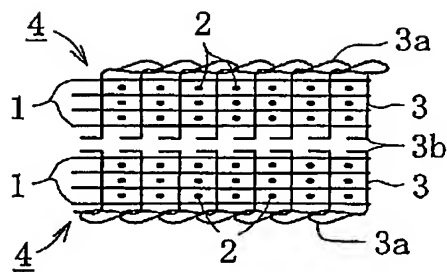


FIG. 1B

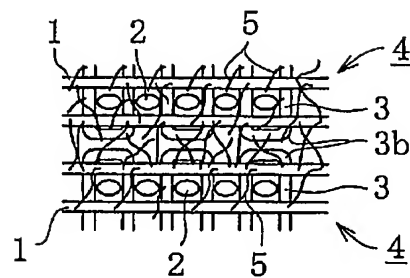


FIG. 2A

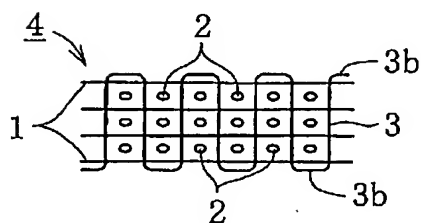


FIG. 2B

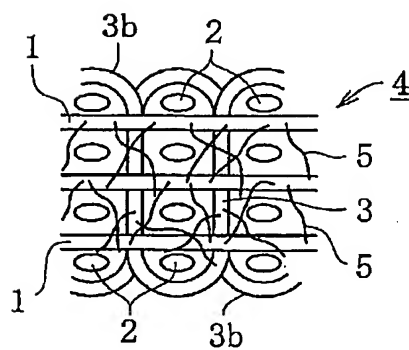


FIG. 3A

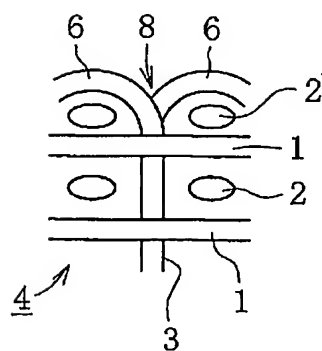
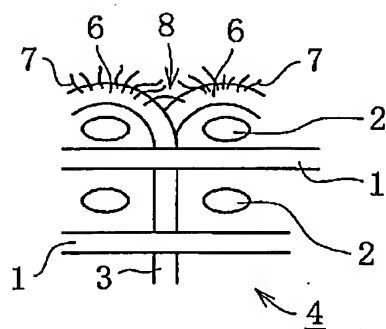


FIG. 3B



2/8

FIG. 4

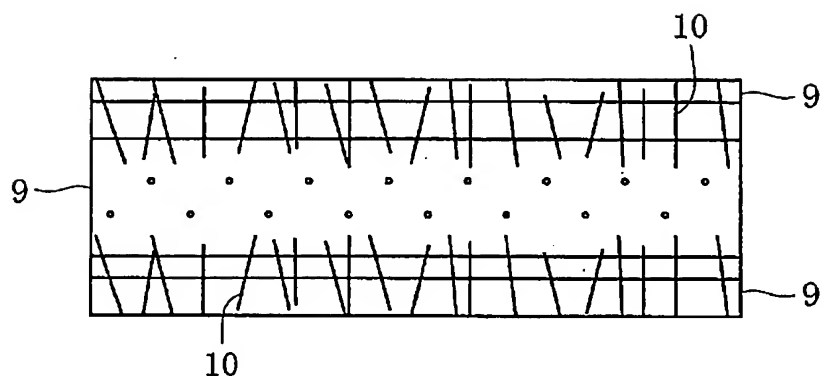


FIG. 5A

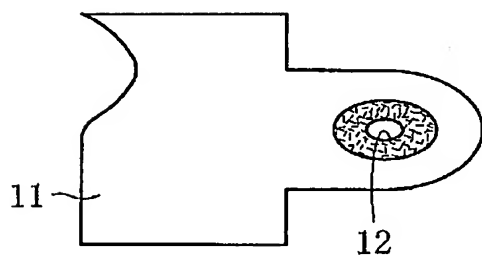


FIG. 5B

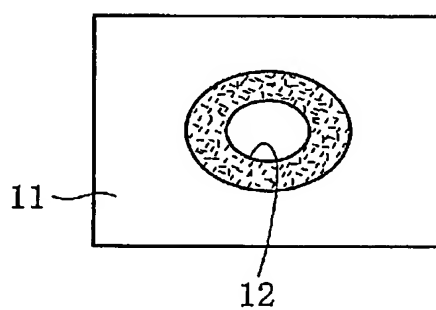
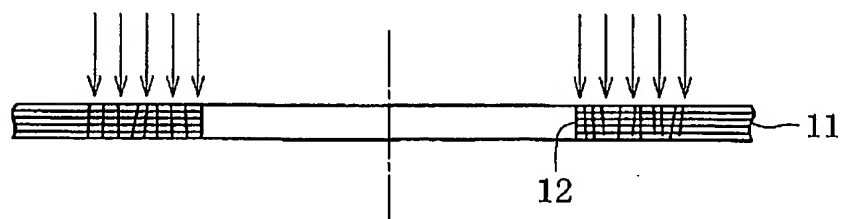


FIG. 6



3/8

FIG. 7

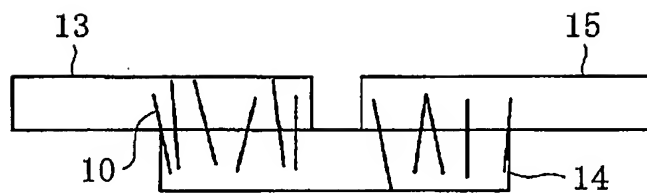


FIG. 8

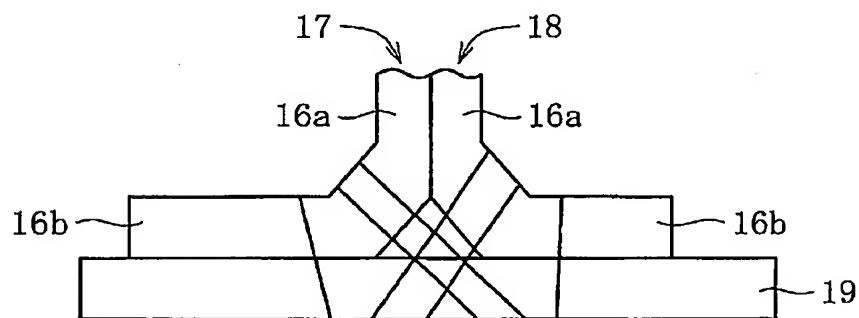
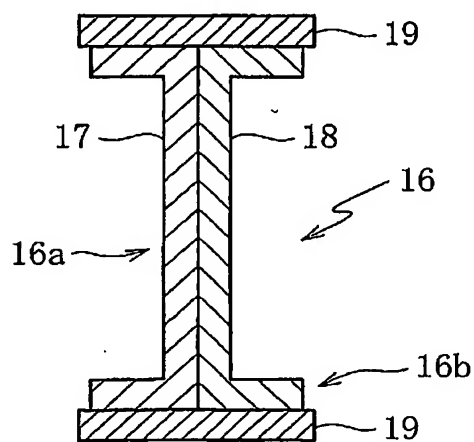


FIG. 9



4/8

FIG. 10A

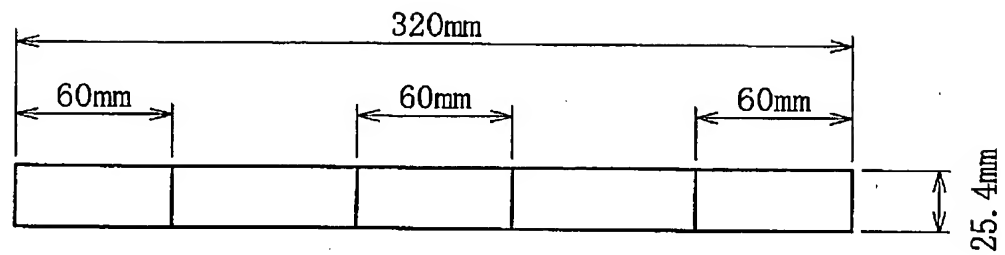


FIG. 10B

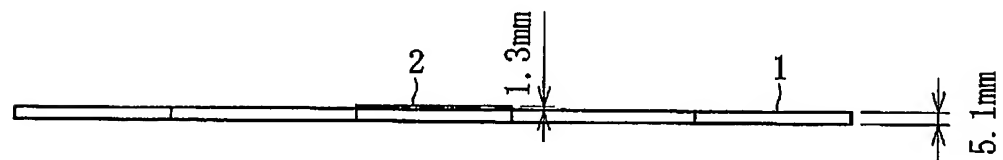


FIG. 10C

パンチ数/cm ²	破壊荷重(kgf)
0	145.3
50	246.3

5/8

FIG. 11A

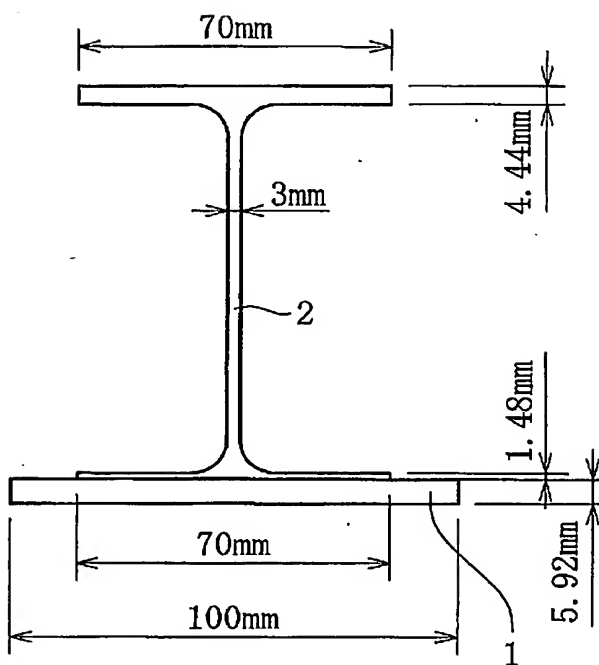


FIG. 11B

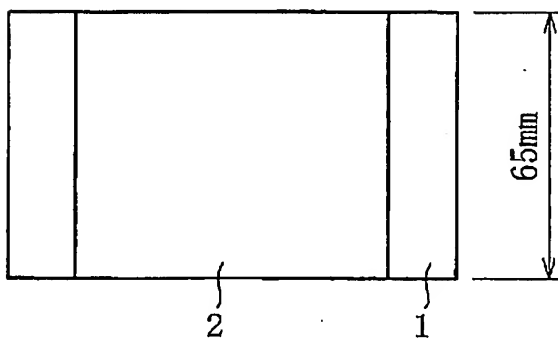


FIG. 11C

パンチ数/cm ²	破壊荷重(kgf/mm)
0	7
50	9.43

6/8

FIG. 12A

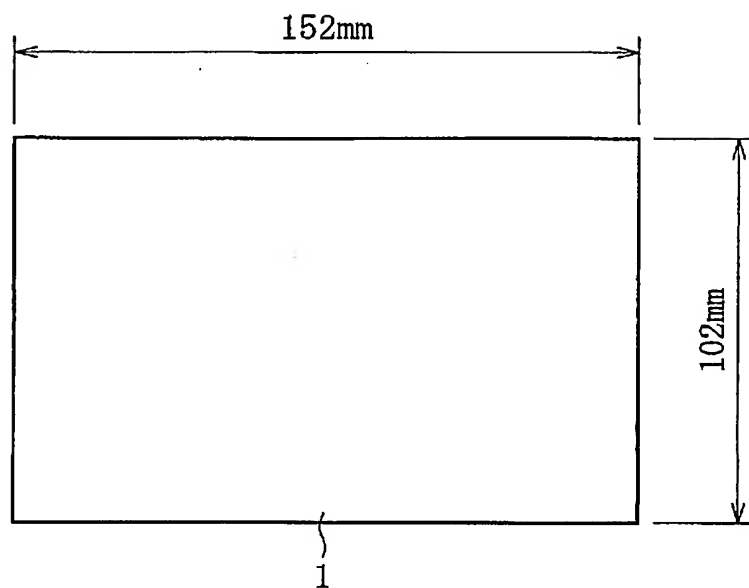


FIG. 12B

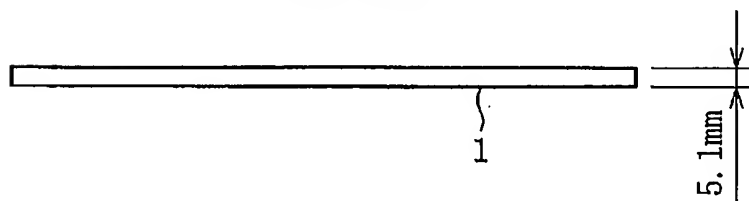


FIG. 12C

パンチ数/cm ²	破壊歪 (μ STRAIN)
0	3282
50	5469

7/8

FIG. 13A

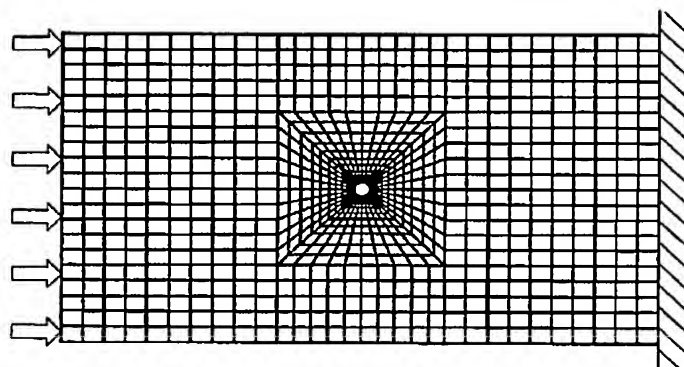


FIG. 13B

パンチ数/cm ²	孔縁 発生歪 [μ STRAIN]	許容歪(*) [μ STRAIN]	強度率 (許容歪/発生歪)
0	4000	4000	1.0
50	4200	4800	1.14

FIG. 14A

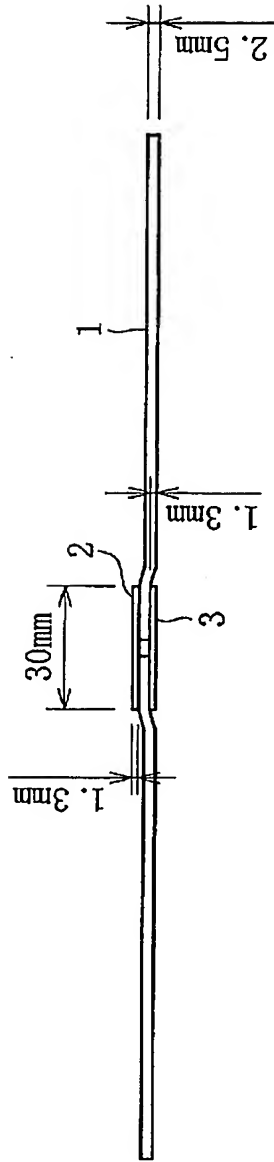


FIG. 14B

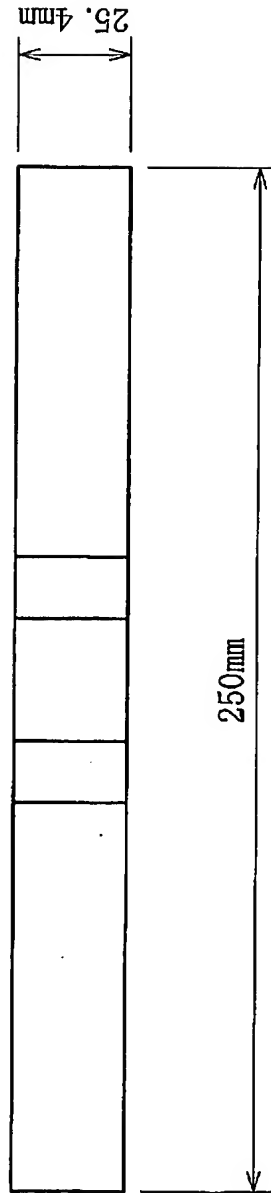


FIG. 14C

パンチ数/cm ²	破壊荷重 (kgf/mm)
0	0.97
50	1.63